

iAP20 Rec'd PCT/PTO 27 JUL 2006

## 明 細 書

半導体装置の製造方法及び基板処理装置

## 技術分野

[0001] 本発明は、半導体装置を製造する方法に関する。

## 背景技術

[0002] IC、LSI等の半導体装置を製造する工程においては、減圧CVD法(化学気相堆積法)によって、基板上に薄膜を成膜することが行われている。そのような成膜方法の1つとして、減圧CVD法によって、ボロンをドーブしたシリコン膜を成膜することが実施されている。従来、シリコン膜にボロンをドーブするのにジボランが用いられていた。この場合に、反応炉内でボートに複数枚のウエハを垂直方向に積層支持した状態で、炉体下部よりガスを導入し、垂直方向に上昇させ、そのガスを用いて、熱CVD法により、前記ウエハ上に薄膜を形成する減圧CVD装置を用いると、CVD装置内のボトム領域(下部領域)からトップ領域(上部領域)までの全領域において、膜厚および抵抗率の面内均一性が10〜20%と悪かった。

上記の膜厚面内均一性は、ジボランに代えて三塩化ホウ素を用いることによって大幅に改善され、全領域で膜厚面内均一性が1%以下であるようなボロンドープポリシリコン膜が得られることが判明している(特許文献1参照)。

[0003] 特許文献1:特開2003-178992号公報

## 発明の開示

## 発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、シリコンに三塩化ホウ素を用いてボロンをドーブした膜を成膜する場合において、成膜ラン(成膜バッチ処理)と次の成膜ランとの間が空くと、次の成膜ランにおいてB(ホウ素)濃度と成長速度が減少してしまうという問題があり、この場合、次の成膜ランでは製品を入れないで一度成膜ランを実施してから連続で製品を入れて成膜ランを実施する必要があった。

[0005] ところが、製品を入れないで一度成膜ランを実施すると、製品処理の効率が悪くなり、また時間をかけてランを実施しても必ずしも再現性良くB濃度と成長速度が得られ

るものではない。

- [0006] 本発明の目的は、例えばモノシランと三塩化ホウ素とを使用し、減圧CVD法によってボロンドープシリコン膜を成膜するような場合、例えばボロンのようにドーピングされる元素の濃度と成長速度とのバッチ間均一性が良好な膜を作製することができる半導体装置の製造方法を提供することにある。

#### 課題を解決するための手段

- [0007] 上記課題を解決するため、本発明の第1の特徴とするところは、基板を反応炉内に搬入するステップと、前記反応炉内で基板に対して処理を行うステップと、前記反応炉内に処理後の基板を収容した状態で、前記反応炉に対する真空引きと不活性ガスの供給を少なくとも1回以上行うことにより第1のパージを行うステップと、前記反応炉より処理後の基板を搬出するステップと、処理後の基板を前記反応炉より搬出後、次に処理する基板を前記反応炉内に搬入する前に、前記反応炉に少なくとも製品基板を収容していない状態で、前記反応炉に対する真空引きと不活性ガスの供給とを少なくとも1回以上行うことにより第2のパージを行うステップとを有し、前記第2のパージステップにおける単位時間当たりの反応炉内の圧力変化量を、前記第1のパージステップにおける単位時間当たりの反応炉内の圧力変化量よりも大きくした半導体装置の製造方法にある。
- [0008] 好適には、前記第2のパージステップにおける単位時間当たりの反応炉内の圧力変化量を30Pa/秒より大きく500Pa/秒以下とする。また好適には、請求項1に記載した半導体装置の製造方法において、前記第2のパージステップにおける前記反応炉内の最大圧力と最小圧力との差を、前記第1のパージステップにおける前記反応炉内の最大圧力と最小圧力との差よりも大きくする。また好適には、前記第1のパージステップ及び第2のパージステップにおいては、真空引きと不活性ガスの供給を複数回繰り返すようにし、前記第2のパージステップにおける真空引きと不活性ガス供給のサイクルを、前記第1のパージステップにおける真空引きと不活性ガス供給のサイクルよりも短くする。また好適には、前記第1のパージステップ及び第2のパージステップにおいては、真空引きと不活性ガスの供給を複数回繰り返すようにし、前記第2のパージステップにおける真空引きと不活性ガス供給のサイクル数を、前記第1

のパージステップにおける真空引きと不活性ガス供給のサイクル数よりも多くする。また好適には、前記第1のパージステップ及び第2のパージステップにおいては、真空引きと不活性ガスの供給を複数回繰り返すようにし、前記第1のパージステップでは、前記反応炉内を排気する排気ラインに設けられた排気バルブを開いた状態で前記反応炉内に不活性ガスを供給し、前記第2のパージステップでは、前記排気バルブを閉じた状態で前期反応炉内に不活性ガスを供給する。また好適には、前記第1のパージステップは、基板を支持した支持具を前記反応炉内に収容した状態で行い、前記第2のパージステップは、少なくとも製品基板を支持していない支持具を前記反応炉内に収容した状態で行う。また好適には、前記第1のパージステップは、基板を支持した支持具を前記反応炉内に収容した状態で行い、前記第2のパージステップは、製品基板を支持することなくダミー基板を支持した支持具を前記反応炉内に収容した状態で行う。また好適には、前記基板処理ステップでは、ホウ素を含むガスを用いる。また好適には、前記基板処理ステップでは、基板上にボロンドープシリコン膜を形成する。また好適には、前記基板処理ステップでは、モノシラン( $\text{SiH}_4$ )と三塩化ホウ素( $\text{BCl}_3$ )を用いる。また好適には、前記第2のパージステップは、基板に対する処理を行う度に毎回行う。

[0009] 本発明の第2の特徴とするところは、基板を支持具に装填するステップと、基板を装填した前記支持具を反応炉内にロードするステップと、前記反応炉内で基板に対して処理を行うステップと、処理後の基板を支持した前記支持具を反応炉よりアンロードするステップと、前記支持具をアンロードした後、処理後の基板を前記支持具より取り出すステップと、処理後の基板を取り出した後、少なくとも製品基板を前記支持具に装填することなく前記支持具を前記反応炉内にロードするステップと、少なくとも製品基板を装填していない前記支持具を前記反応炉内に収容した状態で、前記反応炉内に反応性ガスを導入することなく前記反応炉に対する真空引きと不活性ガスの供給を少なくとも1回以上行うことによりパージを行うステップと、を有することを特徴とする半導体装置の製造方法にある。

[0010] 好適には、前記パージステップは、前記支持具に製品基板を支持することなくダミー基板を支持した状態で行う。また好適には、前記パージステップは、基板に対する

処理を行う度に毎回行う。また好適には、前記パージステップにおける単位時間当たりの反応炉内の圧力変化量を30Pa/秒より大きく500Pa/秒以下とする。

[0011] 前記第2のパージステップ又はパージステップにおいては、FCP (Fast Cycle Purge)を用いるとよい。FCPとは、減圧CVD装置の反応炉内において、メインバルブをショートサイクルで開閉することによって急激な圧力変動を発生させて、反応炉内を強力にパージする方法である。このFCPを用いると、反応炉内、ボート、ダミーウエハ等に付着した例えばホウ素を除去し、成膜前の炉内状態を一様にする事ができ、これにより成膜後のホウ素濃度や成長速度の変動を抑えることができる。

[0012] 本発明の第3の特徴とするところは、基板を処理する反応炉と、前記反応炉内にガスを供給するガス供給ラインと、前記反応炉内に基板を搬入搬出する搬入搬出装置と、前記反応炉内に処理後の基板を収容した状態で、前記反応炉に対する真空引きと不活性ガスの供給を少なくとも1回以上行うことにより第1のパージを行うように制御すると共に、処理後の基板を前記反応炉より搬出後、次に処理する基板を前記反応炉内に搬入する前に、前記反応炉内に少なくとも製品基板を収容しない状態で、前記反応炉に対する真空引きと不活性ガスの供給を少なくとも1回以上行うことにより第2のパージを行うように制御し、更に、前記第2のパージにおける単位時間当たりの反応炉内の圧力変化量を、前記第1のパージにおける単位時間当たりの反応炉内の圧力変化量よりも大きくするように制御するコントローラと、を有する基板処理装置にある。

本発明の基板処理装置においては、前述した種々の方法を実施することができる。

#### 図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の実施形態に係る基板処理装置を示す概略図である。

[図2]本発明の実施形態に係る半導体装置の製造方法における成膜手順を示すフローチャートである。

[図3]本発明の実施形態に係る半導体装置の製造方法におけるFCP手順を示すフローチャートである。

[図4]本発明に係る実施例において連続3ランでのB濃度の変化を示す図である。

[図5]本発明に係る実施例と比較例とにおいてB濃度のバッチ間アイドリング時間依

存性を示す図である。

[図6]本発明に係る実施例において連続3ランでの成長速度の変化を示す図である。

[図7]本発明に係る実施例と比較例とにおいて成長速度のバッチ間アイドリング時間依存性を示す図である。

[図8]本発明の実施形態に係る半導体装置の製造方法において、通常サイクルパージとFCPとを比較した図である。

### 発明を実施するための最良の形態

[0014] 次に本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

本発明がなされる前の予備的考察として、バッチ間のボロン濃度変動の原因は次のように考えられる。即ち、成膜前のボロンの、反応炉内壁面やボート表面等からの脱離量がバッチ間のアイドリング時間により異なってくるため、成膜時にドーピングされるボロン量に変化してボロン濃度が変動することが考えられる。

また、本実施形態のプロセスではボロンの触媒効果により膜成長が起こるため、ボロン濃度が変動することで成長速度が変動することが考えられる。成長前のボロンの、反応炉内壁面やボート表面等からの脱離量をできるだけ一定にするには、成膜前にある一定量の三塩化ホウ素を炉内に流すことや、成膜前に炉内を酸化コーティングすることが考えられる。しかし前者は基板と膜との界面にボロンが偏析する懸念があり、後者は炉内ガスクリーニング時に酸化された壁面でクリーニングが阻害される懸念があり、いずれも好ましい方策とはいえない。そこで、本発明者は、鋭意検討の結果、これらの問題を解決することができるFCP (Fast Cycle Purge) という強力なパージ方法を見出した。このFCPを成膜前に常時行うことにより、反応炉内壁面やボート表面等からのボロンの脱離を促進させ、成膜前のボロンの反応炉内壁面やボート表面等からの脱離量を安定化させることができ、バッチ間のボロン濃度や成長速度の安定性を改善できることが判明した。

本発明の実施形態は、このような考察に基づいてなされたものである。

[0015] 図1において、本発明の基板処理装置としてのホットウォール式のバッチ式縦型減圧CVD装置の構造概略図が示されている。この減圧CVD装置は、反応ガスとしてモノシラン( $\text{SiH}_4$ )と三塩化ホウ素( $\text{BCl}_3$ )とを使用して、反応炉内で支持具としての

ボートに複数枚のウエハを垂直方向に積層支持した状態で、炉体下部よりガスを導入し垂直方向に上昇させ、そのガスを用いて、熱CVD法により、前記ウエハ上に、ボロンドープシリコン薄膜、すなわち、ボロンドープアモルファスシリコン薄膜またはボロンドープポリシリコン薄膜を形成するものである。

[0016] ホットウォール炉を構成し、基板としてのウエハ4を加熱する、4ゾーンに分かれたヒータ6a〜6dの内側に、反応炉12の外筒である石英製の反応管すなわちアウターチューブ1およびアウターチューブ1内部のインナーチューブ2が、軸を垂直にして設置されている。この2種のチューブの間をメカニカルブースタポンプ7およびドライポンプ8を用いて真空引きができるようにしてある。従って、インナーチューブ2内側に導入される反応ガスは、インナーチューブ2内を垂直に上昇し、2種のチューブの間を下降して排気される。複数枚のウエハ4が中心をそろえて垂直方向に積層して装填された石英製のボート3はインナーチューブ2内に設置されている。ウエハ4が反応ガスにさらされた時に、気相中およびウエハ4表面での反応により、ウエハ4上に薄膜が形成される。なお、ボート3のウエハ4の装填された領域よりも下方の領域に装填された断熱板5は、ウエハ4が存在する位置範囲内の温度を均一化するためのものである。また、図1中、10はボート回転軸であり、回転機構17に連結されている。また、11はステンレス製の蓋(シールキャップ)であり、搬入搬出装置(昇降装置)としてのボートエレベータ18に連結されている。このボートエレベータ18により、ボート3、回転軸10、蓋11及び回転機構17が一体となって昇降させられ、ボート3を反応炉12内にロードし、あるいはアンロードさせるようになっている。蓋11は、アウターチューブ1およびインナーチューブ2を支持するステンレス製の炉口マニホールド15に、シール部材としてのOリング11aを介して密着して反応炉12内を密閉する。また、回転機構17により、回転軸10を介してボート3が反応炉12内で回転させられるようになっている。

[0017] なお、ボート3には、ウエハ4を支持するスロットが合計172個設けられている。例えば一番下のスロットから数えて10スロット目までが下部ダミー領域D1であり、この下部ダミー領域D1に属するスロットにはダミーウエハ4が支持される。また、例えば11から167スロット目までが製品ウエハ領域Pであり、この製品ウエハ領域Pに属するスロットには製品ウエハ4が支持される。また、例えば168から172スロット目までが上部

ダミー領域D2であり、この上部ダミー領域D2に属するスロットにはダミーウエハ4が支持される。なお、ボート3のウエハ配列領域(D2、P、D1)よりも下方には、複数枚の断熱板5を支持する複数のスロットが設けられており、断熱板5は、後述する4つに分かれたヒータゾーンのうちLゾーンに対応するヒータ6dよりも下側に配置される。また、図1中のトップ領域T、センタ領域C、ボトム領域Bとは、それぞれ、129から167スロット目までの製品ウエハ4の存在する領域、37から128スロット目までの製品ウエハ4の存在する領域、11から36スロット目までの製品ウエハ4の存在する領域のことを示している。また、4つに分かれたヒータゾーンのうち、一番下のL(Lower)ゾーン(ヒータ6dに対応)は1スロット目より下側の、ウエハが殆ど存在しない領域に対応しており、下から二番目のCL(Center Lower)ゾーン(ヒータ6cに対応)は2から56スロット目までのダミーウエハ4と製品ウエハ4とが混在する領域に対応しており、下から三番目すなわち上から二番目のCU(Center Upper)ゾーン(ヒータ6bに対応)は57から172スロット目までの製品ウエハ4とダミーウエハ4とが混在する領域に対応しており、下から四番目すなわち一番上のU(Upper)ゾーン(ヒータ6aに対応)はそれより上側のウエハの存在しない領域に対応している。

- [0018] モノシランガス( $\text{SiH}_4$ )を供給する例えば石英製のノズル(ストレートノズル)13はヒータと対向する領域より下方であって反応管下方の炉口マニホールド15に設けられている。三塩化ホウ素ガス( $\text{BCl}_3$ )を供給する例えば石英ノズル14は、長さの異なるものが複数本反応炉12内に設置されており、三塩化ホウ素を複数箇所から途中供給することが可能であり、三塩化ホウ素ガス( $\text{BCl}_3$ )の分圧を反応炉10内各位置において制御することができる。即ち、三塩化ホウ素ガス( $\text{BCl}_3$ )を供給する石英ノズル14は複数本、ここでは合計5本設けられており、そのうちの1本のノズル(ストレートノズル14a)は、モノシランガス( $\text{SiH}_4$ )を供給するノズル13とともにヒータと対向する領域より下方であって反応管下方の炉口マニホールド15に設けられており、その他の4本のノズル(L字状ノズル)14bは、前記炉口マニホールドを通り、それぞれの噴出口が30スロット目、70スロット目、110スロット目、150スロット目の位置に対応するように、それぞれ等間隔に設けられており、三塩化ホウ素を、反応炉10内の垂直方向における複数箇所から途中供給可能に構成されている。

なお、モノシランガス( $\text{SiH}_4$ )を供給するストレートノズル13と三塩化ホウ素ガス( $\text{BCl}_3$ )を供給するストレートノズル14aとは、それぞれのガス噴出口がウエハ表面と平行な方向、すなわち水平方向に向いて開口しており、それぞれのガスをウエハ表面と平行な方向、すなわち水平方向に向かって噴出させるように構成されている。また、三塩化ホウ素ガス( $\text{BCl}_3$ )を供給する複数のL字状ノズル14bのガス噴出口はウエハ表面とは垂直な方向、すなわち鉛直方向上方に向けて開口しており、ガスをウエハ表面とは垂直な方向、すなわち鉛直方向に向かって噴出させるように構成されている。

[0019] また、ノズル13は、ガスライン20に接続されている。このガスライン20は、2股に別れ、この2股に分かれた一方が流量制御手段としてのマスフローコントローラ21及びバルブ22を介してモノシランガス( $\text{SiH}_4$ )源23に接続されている。また、ガスライン20の2股に別れた他方は、流量制御手段としてのマスフローコントローラ24及びバルブ25を介して窒素ガス( $\text{N}_2$ )源26に接続されている。5本のノズル14は、5本に別れたガスライン27に接続されている。このガスライン27は、流量制御手段としてのマスフローコントローラ28及びバルブ29を介して三塩化ホウ素ガス( $\text{BCl}_3$ )源30に接続されている。

[0020] 前述したメカニカルブースタポンプ7とドライポンプ8とは、一端が炉口マニホールド15に接続された排気管16に設けられている。さらに、この排気管16にはメインバルブ9が設けられている。このメインバルブ9には、APC (automatic pressure control) バルブが用いられており、反応炉12内の圧力を所定値となるよう自動的に開度を調節するようになっている。

[0021] なお、制御手段としてのコントローラ31は、ヒータ6a〜6dの加熱温度、メインバルブ9の開閉、メカニカルブースタポンプ7、ドライポンプ8の駆動、ポートエレベータ18の駆動、回転機構17の駆動、マスフローコントローラ21、24、28の開度、バルブ22、25、29の開閉等を制御する。

[0022] 次に上記基板処理装置を用いて、半導体装置の製造工程の一工程として基板上にボロンドープシリコン膜を生成する成膜方法について説明する。成膜手順を図2に示す。なお、以下の説明において、基板処理装置を構成する各部の動作はコントローラ31により制御される。まずステップS10において、反応炉12内を成膜温度に安



定化させた後、ステップS12においてウェハ4を装填したボート3を反応炉12内にロード(挿入)する。次にステップS14においてリアクター(反応炉12)内を排気し、次のステップS16において、ボート3やチューブ1、2に吸着した水分等を脱離させるために $N_2$ パージを行なう。次のステップS18においては、リアクター(反応炉12)内リークチェックを行なった後、次のステップS20において、モノシランと三塩化ホウ素の流量を設定し、反応炉12内にガスを流して圧力を安定化させ、次のステップS22において、ウェハ4上にボロンドープシリコン膜、すなわち、ボロンドープアモルファスシリコン膜またはボロンドープポリシリコン膜の成膜を行なう。成膜が終了したら次のステップS24において、反応管内及び配管内を $N_2$ でサイクルパージする(第1のパージステップ)。

[0023] この第1のパージステップは通常のサイクルパージ(Normal Cycle Purege:以下NCPという)であり、メインバルブ9は開いたままで、前述したバルブ25を開閉して $N_2$ ガスの供給、停止のみでサイクルパージを実施する。ステップS24でNCPを例えば3〜数サイクル実施した後、ステップS26へ進む。NCPのパージ条件は例えば次の通りである。

1サイクルあたりの時間:4〜6min

1サイクルあたりの真空引き時間:2〜3min

1サイクルあたりの $N_2$ 供給時間:2〜3min

トータル時間:12〜18min

最小圧力(真空引きの際の到達圧力):0.05〜1Pa

最大圧力( $N_2$ 供給時の到達圧力):20〜100Pa

サイクル数:3〜数回

$N_2$ 供給量:0.5〜1slm

単位時間当たりの圧力変化量:7Pa/秒以下

[0024] 次のステップS26において、 $N_2$ でリアクター内を大気圧まで戻す。大気圧に戻ったら次のステップS28においてボート3をアンロードし、次のステップS30においてウェハ4を自然冷却する。最後にステップS32においてウェハ4をボート3から取り出す。

[0025] 次に成膜終了後の反応炉内をFCPにてパージする方法について説明する。FCP

手順を図3に示す。図2に示した成膜が終了した後、ステップS34において、製品ウエハを装填していないボート3を再度反応炉12にロード(挿入)する。この場合、ダミーウエハはボート3から除いてもよいし、装填しておいてもよい。次にステップS36において、メカニカルブースタポンプ7とドライポンプ8とを駆動して真空引きを開始する。リアクター(反応炉12)内の圧力が所定値、例えば1.0kPa程度になったら、次のステップS38でメインバルブ9を一気に開けて排気する。次のステップS40においては、メインバルブ9を閉じ、次のステップS42で再度 $N_2$ ガスをリアクター(反応炉12)に導入する。次のステップS44においては、ステップS38〜S42のサイクルが所定値、例えば100回に達したか否かを判定し、所定値に達していない場合はステップS38に戻り、所定値に達するまでこのサイクルを繰り返す。ステップS38〜S42のステップが所定値に達した場合は次のステップS46に進む。ステップS46においては、反応炉12内の圧力が大気圧になるまで反応炉12内に $N_2$ を導入する。次のステップS48において、製品ウエハを装填していないボート3をアンロードし、次のステップS50において、ボート3にダミーウエハを装填していた場合は、ダミーウエハを冷却し、次のステップS52において、次のバッチ、すなわち図2に示した成膜を開始する。

なお、FCPの好ましいページ条件は次の通りである。

1サイクルあたりの時間:0.5〜2min

1サイクルあたりの真空引き時間:0.25〜1min

1サイクルあたりの $N_2$ 供給時間:0.25〜1min

トータル時間:20〜100min

最小圧力(真空引きの際の到達圧力):0.05〜1Pa

最大圧力( $N_2$ 供給時の到達圧力):1000〜1200Pa

サイクル数:10〜200回

$N_2$ 供給量:0.5〜1slm

単位時間当たりの圧力変化量:30Pa/秒〜500Pa/秒、好ましくは100Pa/秒〜500Pa/秒

なお、単位時間当たりの圧力変化量が500Pa/秒を越えると、反応炉やポンプへの負担が大きくなって基板処理装置のインターロック上実施するのは難しい。

このように、FCPは通常のサイクルパーズと比較して、単位時間あたりの圧力変化量が極めて大きい(速い)ことが特徴である。

- [0026] 図8にステップS38ーS44に示したFCPと、ステップS24に示したNCPとの、時間の経過に対する反応炉内の圧力変化量を表すグラフを比較して示す。グラフの横軸は、時間の経過(秒)を、縦軸は反応炉内の圧力(Pa)をそれぞれ表している。図中M. V. 開、N<sub>2</sub> STOPとは、FCPにおいてメインバルブを開いた状態でN<sub>2</sub>の供給を停止する動作をいい、ハッチングをかけた丸で示す。また、図中M. V. 閉、N<sub>2</sub> INとは、メインバルブを閉じた状態でN<sub>2</sub>を供給する動作をいい、白丸で示す。また、図中N<sub>2</sub> STOPとは、NCPにおいて、N<sub>2</sub>の供給を停止する動作をいい、黒の逆三角で示す。また、図中N<sub>2</sub> INとは、NCPにおいて、N<sub>2</sub>を供給を停止する動作をいい、白の逆三角で示す。また、実線はFCPにおける圧力変化を、点線はNCPにおける圧力変化をそれぞれ表している。上述のようにFCPはメインバルブ(M. V.)を開閉してサイクルパーズを行う。一方、NCPは、メインバルブは開いたままでN<sub>2</sub>の供給、停止によりサイクルパーズを行う。

図8からも分かるように、FCPは、NCPと比較して単位時間当たりの反応炉内の圧力変化量が大きい。例えばNCPでは単位時間当たりの圧力変化量が最大で7Pa/秒程度であるのに対し、FCPでは最大で500Pa/秒程度である。また、FCPは、NCPと比較して最大圧力と最小圧力との差(圧力変動幅)が大きい。例えばFCPでは圧力変動幅が1000ー1200Paであるのに対し、NCPでは20ー100Pa程度である。また、FCPは、NCPと比較してサイクル数が多い。例えばFCPではサイクル数が10ー200回であるのに対し、NCPでは3ー数回である。

- [0027] 上述したように、FCPはNCPと比較して特に反応炉内での単位時間当たりの圧力変化量が大きいので(FCPの単位時間当たりの圧力変化量はNCPの4ー70倍以上)、単位時間当たりに反応炉内を通過するガス流量、すなわちパーズに寄与するガス流量も多くなり、圧倒的にパーズ効果が大きい。

- [0028] 特に三塩化ホウ素( $\text{BCl}_3$ )を用いるプロセスを行う場合、NCPのみを行うようにすると、温度の比較的低いボトム領域Bから炉口部にかけての領域には、 $\text{BCl}_3$ が離脱しやすい形態で多く存在する。このようにして残留した $\text{BCl}_3$ は、ボートアンロードの際に

HClとなって炉口部(ステンレス製のマニホールドやシールキャップ等)を腐食させる原因となり、次の成膜ランにおけるボロンドープシリコン膜の成長速度等に影響を及ぼす。すなわち、特に三塩化ホウ素( $\text{BCl}_3$ )を用いるプロセスを行う場合には、NCPでは、十分なパージ効果は得られない。そこで、上記実施形態では、FCPという強力なパージを実施するようにしている。これにより上記低温部に残留しようとする $\text{BCl}_3$ を十分に除去することができ、次の成膜ランにおける基板処理に影響を及ぼさないようにすることができる。

[0029] 次に実施例と比較例について説明する。

実施例:

前述した減圧CVD装置を用い、反応ガスとしてモノシラン( $\text{SiH}_4$ )と三塩化ホウ素( $\text{BCl}_3$ )とを使用して、ボロンドープシリコン薄膜を形成した。成膜処理を行った毎にFCPを実施した。

成膜処理は、反応炉12内のトータル圧力を66.5Pa、 $\text{SiH}_4$ 流量を0.2slm、 $\text{BCl}_3$ 流量を0.002slm、炉内温度を380〜400°Cとして実施した。

FCPは、最大圧力( $\text{N}_2$ 供給時の到達圧力)を1200Pa、最小圧力(真空引きの際の到達圧力)を0.1Pa、1サイクル当たりの時間を1min、圧力を最大圧力から最小圧力までに変動させる時間を5秒、サイクル数を100回、トータル時間を100min、 $\text{N}_2$ 供給量を1slmとして実施した。

比較例:

実施例と同様に成膜処理を行い、FCPは実施しなかった。

[0030] 図4において、実施例のB濃度のバッチ(ラン)回数依存性、即ち連続3ランでのボロン(B)濃度をセンタ領域のスロット(#89)に載置した製品ウエハについて測定した結果が示されている。FCPを実施することにより、B濃度の変動は2%未満に収まっていることが確認できた。

[0031] 図5において、実施例と比較例とのB濃度のバッチ間アイドル時間依存性が示されている。比較例(FCP無し)では、B濃度は2〜6時間のアイドルングで急激に減少し、24時間アイドルング後のB濃度も含めてそのばらつきは約±4%である。それに対し、実施例(FCP有り)では、24時間アイドルング後でもB濃度変化は±2%未満に収まっ

ている。図4及び図5の結果から、FCPを実施することによりB濃度のバッチ間均一性を向上させることができることが分かる。

[0032] 図6において、実施例のボロンドープシリコン薄膜の成長速度のバッチ(ラン)回数依存性、すなわち連続3ランでの成長速度の変化をトップ領域のスロット(#167)とボトム領域のスロット(#11)に載置した製品ウエハについて測定した結果が示されている。FCPを実施することにより、成長速度の変動は2%未満に収まっていることが確認できた。

[0033] 図7において、実施例と比較例とのボロンドープシリコン薄膜の成長速度のバッチ間アイドル時間依存性が示されている。比較例(FCP無し)では、成長速度がバッチ間アイドル時間により大きくばらついているのに対し、実施例(FCP有り)では、24時間アイドリング後でも、更には38時間アイドリング後でも成長速度の変動はほとんど無い。図6及び図7の結果から、FCPを実施することにより成長速度のバッチ間均一性を向上させることができることが分かる。

[0034] 以上述べたように、FCPは、反応炉内の構成部材、すなわちボートやダミーウエハ、更には反応管、マニホールド、シールキャップの内壁等に付着した $\text{BCl}_3$ やCl成分を脱離させやすい。この理由は、FCPは反応炉内に $\text{N}_2$ を高圧までためて一気に引くため、単位時間当たりの圧力変化が大きく、パージガス量も多くなり、パージ効果が圧倒的に大きくなるためである。

[0035] なお、上記実施形態及び実施例においては、減圧CVD装置に適用したものを示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、ボロンドープ拡散装置を含め、ボロン(B)を含むガスを用いる装置全般に適用できるし、ボロン以外、例えば $\text{PH}_3$ 等のリン(P)を含むガスや $\text{AsH}_3$ 等の砒素(As)を含むガス等を用いる装置についても適用することができる。

[0036] 以上のように、本発明は、特許請求の範囲に記載した事項を特徴とするが、さらに次のような実施形態が含まれる。

(1) 基板を処理する反応炉と、反応炉内に処理ガスを供給する供給手段と、反応炉内に基板を搬入搬出する搬入搬出手段と、この搬入搬出手段により基板を反応炉から搬出した後、次に処理する基板を搬入する前に、反応炉内に少なくとも製品基

板が無い状態で反応炉に対する真空引きと不活性ガスの供給を繰り返すよう制御する制御手段と、を有することを特徴とする基板処理装置。

(2) 基板を装填するためのボートと、基板を処理する反応炉と、反応炉内に処理ガスを供給する供給手段と、反応炉内にボートを搬入搬出する搬入搬出手段と、この搬入搬出手段により基板と共にボートを反応炉から搬出した後、次に処理する基板を搬入する前に反応炉内に少なくとも製品基板を装填していない空のボートを挿入した状態で反応炉に対する真空引きと不活性ガスの供給を少なくとも1回以上行うよう制御する制御手段と、を有することを特徴とする基板処理装置。

#### 産業上の利用可能性

[0037] 本発明は、基板を処理する工程を有する半導体装置の製造方法に利用することができる。

## 請求の範囲

- [1] 基板を反応炉内に搬入するステップと、  
前記反応炉内で基板に対して処理を行うステップと、  
前記反応炉内に処理後の基板を収容した状態で、前記反応炉に対する真空引きと不活性ガスの供給を少なくとも1回以上行うことにより第1のパージを行うステップと、  
前記反応炉より処理後の基板を搬出するステップと、  
処理後の基板を前記反応炉より搬出後、次に処理する基板を前記反応炉内に搬入する前に、前記反応炉に少なくとも製品基板を収容していない状態で、前記反応炉に対する真空引きと不活性ガスの供給とを少なくとも1回以上行うことにより第2のパージを行うステップとを有し、  
前記第2のパージステップにおける単位時間当たりの反応炉内の圧力変化量を、前記第1のパージステップにおける単位時間当たりの反応炉内の圧力変化量よりも大きくしたことを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [2] 請求項1に記載した半導体装置の製造方法において、前記第2のパージステップにおける単位時間当たりの反応炉内の圧力変化量を $30\text{Pa/sec}$ より大きく $500\text{Pa/sec}$ 以下としたことを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [3] 請求項1に記載した半導体装置の製造方法において、前記第2のパージステップにおける前記反応炉内の最大圧力と最小圧力との差を、前記第1のパージステップにおける前記反応炉内の最大圧力と最小圧力との差よりも大きくしたことを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [4] 請求項1に記載した半導体装置の製造方法において、前記第1のパージステップ及び第2のパージステップにおいては、真空引きと不活性ガスの供給を複数回繰り返すようにし、前記第2のパージステップにおける真空引きと不活性ガス供給のサイクルを、前記第1のパージステップにおける真空引きと不活性ガス供給のサイクルよりも短くしたことを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [5] 請求項1に記載した半導体装置の製造方法において、前記第1のパージステップ及び第2のパージステップにおいては、真空引きと不活性ガスの供給を複数回繰り返すようにし、前記第2のパージステップにおける真空引きと不活性ガス供給のサイ

クル数を、前記第1のパージステップにおける真空引きと不活性ガス供給のサイクル数よりも多くしたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

- [6] 請求項1に記載した半導体装置の製造方法において、前記第1のパージステップ及び第2のパージステップにおいては、真空引きと不活性ガスの供給を複数回繰り返すようにし、前記第1のパージステップでは、前記反応炉内を排気する排気ラインに設けられた排気バルブを開いた状態で前記反応炉内に不活性ガスを供給し、前記第2のパージステップでは、前記排気バルブを閉じた状態で前記反応炉内に不活性ガスを供給することを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [7] 請求項1に記載した半導体装置の製造方法において、前記第1のパージステップは、基板を支持した支持具を前記反応炉内に収容した状態で行い、前記第2のパージステップは、少なくとも製品基板を支持していない支持具を前記反応炉内に収容した状態で行うことを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [8] 請求項1に記載した半導体装置の製造方法において、前記第1のパージステップは、基板を支持した支持具を前記反応炉内に収容した状態で行い、前記第2のパージステップは、製品基板を支持することなくダミー基板を支持した支持具を前記反応炉内に収容した状態で行うことを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [9] 請求項1に記載した半導体装置の製造方法において、前記基板処理ステップでは、ホウ素を含むガスを用いることを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [10] 請求項1に記載した半導体装置の製造方法において、前記基板処理ステップでは、基板上にボロンドープシリコン膜を形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [11] 請求項1に記載した半導体装置の製造方法において、前記基板処理ステップでは、モノシラン( $\text{SiH}_4$ )と三塩化ホウ素( $\text{BCl}_3$ )を用いることを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [12] 請求項1に記載した半導体装置の製造方法において、前記第2のパージステップは、基板に対する処理を行う度に毎回行うことを特徴とする半導体装置の製造方法。
- [13] 基板を支持具に装填するステップと、  
基板を装填した前記支持具を反応炉内にロードするステップと、



前記反応炉内で基板に対して処理を行うステップと、  
処理後の基板を支持した前記支持具を反応炉よりアンロードするステップと、  
前記支持具をアンロードした後、処理後の基板を前記支持具より取り出すステップと、

処理後の基板を取り出した後、少なくとも製品基板を前記支持具に装填することなく前記支持具を前記反応炉内にロードするステップと、

少なくとも製品基板を装填していない前記支持具を前記反応炉内に収容した状態で、前記反応炉内に反応性ガスを導入することなく前記反応炉に対する真空引きと不活性ガスの供給を少なくとも1回以上行うことによりパージを行うステップと、  
を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

[14] 請求項13に記載した半導体装置の製造方法において、前記パージステップは、前記支持具に製品基板を支持することなくダミー基板を支持した状態で行うことを特徴とする半導体装置の製造方法。

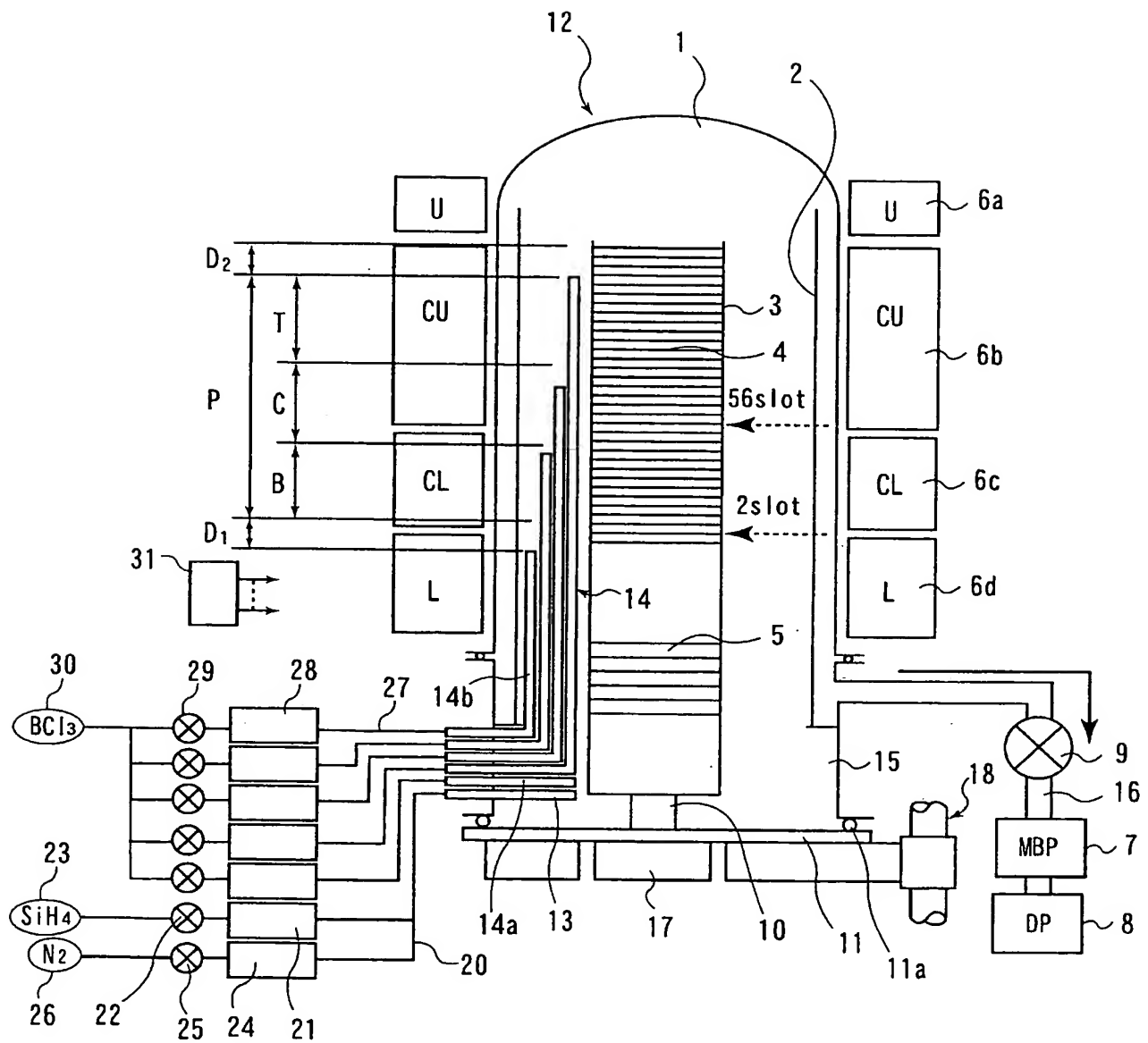
[15] 請求項13に記載した半導体装置の製造方法において、前記パージステップは、基板に対する処理を行う度に毎回行うことを特徴とする半導体装置の製造方法。

[16] 請求項13に記載した半導体装置の製造方法において、前記パージステップにおける単位時間当たりの反応炉内の圧力変化量を $30\text{Pa}/\text{sec}$ より大きく $500\text{Pa}/\text{sec}$ 以下としたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

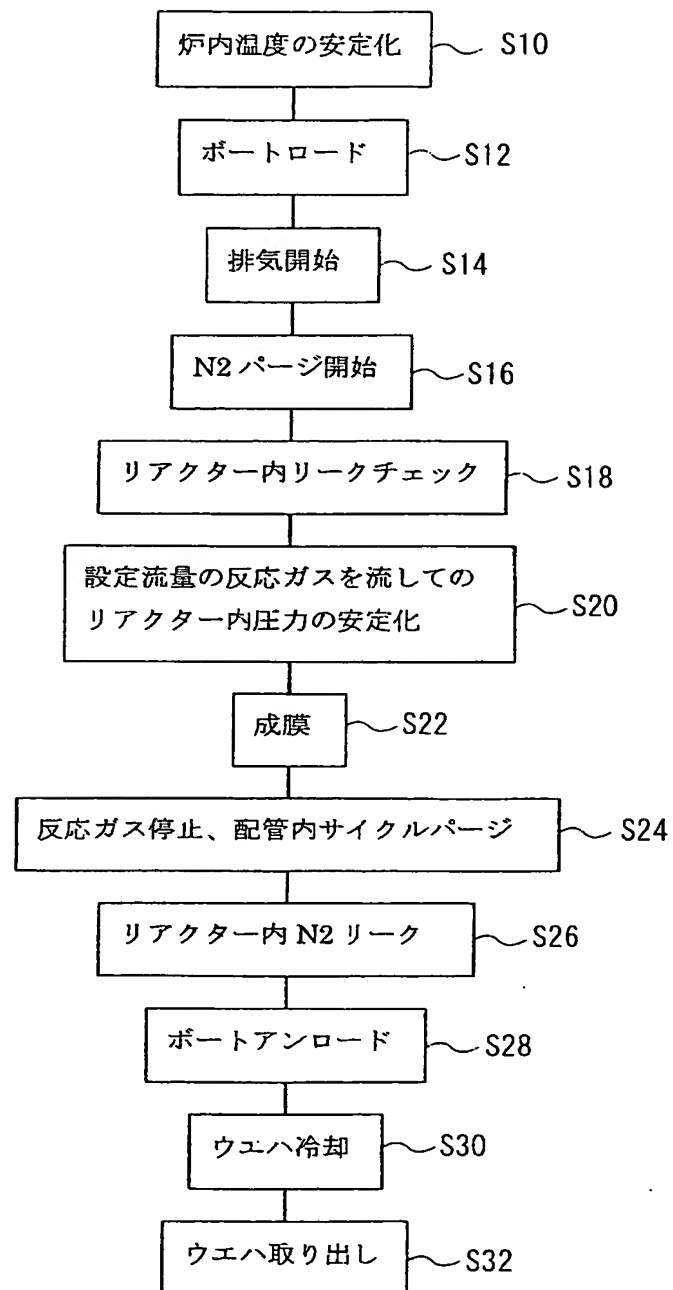
[17] 基板を処理する反応炉と、  
前記反応炉内にガスを供給するガス供給ラインと、  
前記反応炉内に基板を搬入搬出する搬入搬出装置と、  
前記反応炉内に処理後の基板を収容した状態で、前記反応炉に対する真空引きと不活性ガスの供給を少なくとも1回以上行うことにより第1のパージを行うように制御すると共に、処理後の基板を前記反応炉より搬出後、次に処理する基板を前記反応炉内に搬入する前に、前記反応炉内に少なくとも製品基板を収容しない状態で、前記反応炉に対する真空引きと不活性ガスの供給を少なくとも1回以上行うことにより第2のパージを行うように制御し、更に、前記第2のパージにおける単位時間当たりの反応炉内の圧力変化量を、前記第1のパージにおける単位時間当たりの反応炉内の

圧力変化量よりも大きくするように制御するコントローラと、  
を有することを特徴とする基板処理装置。

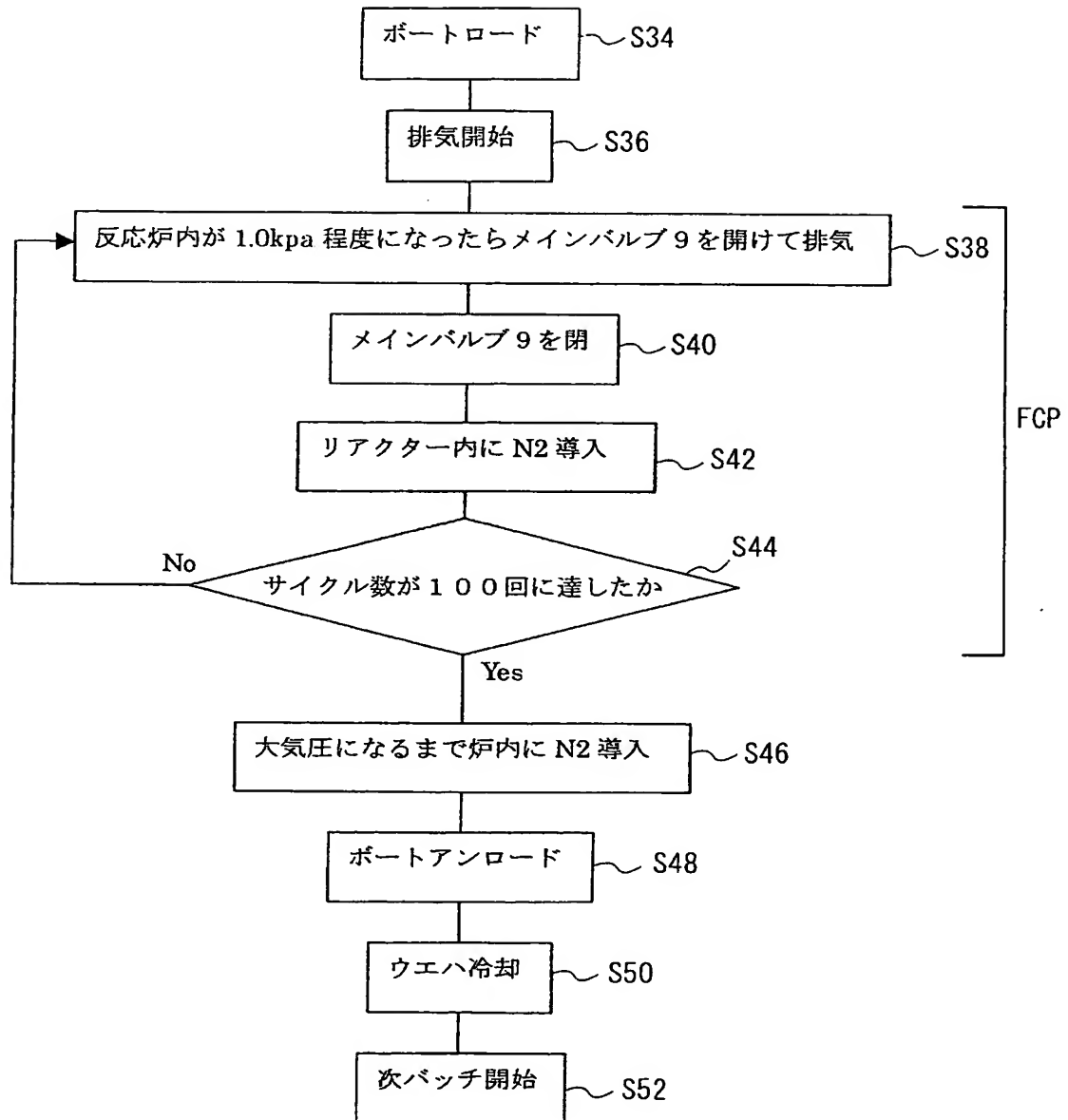
[図1]



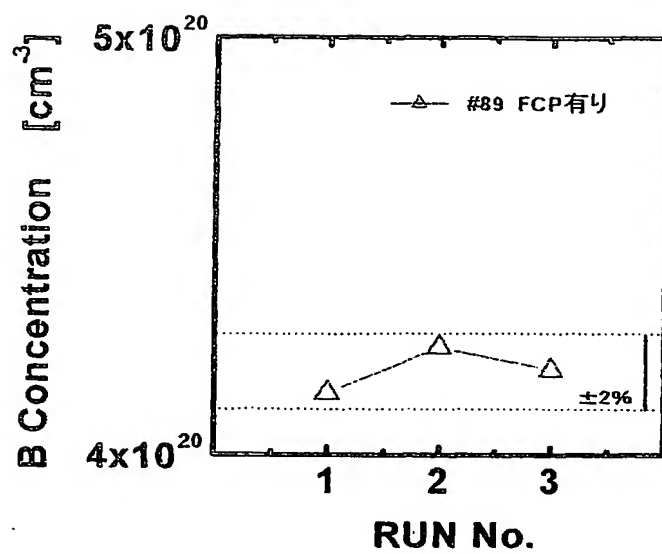
[図2]



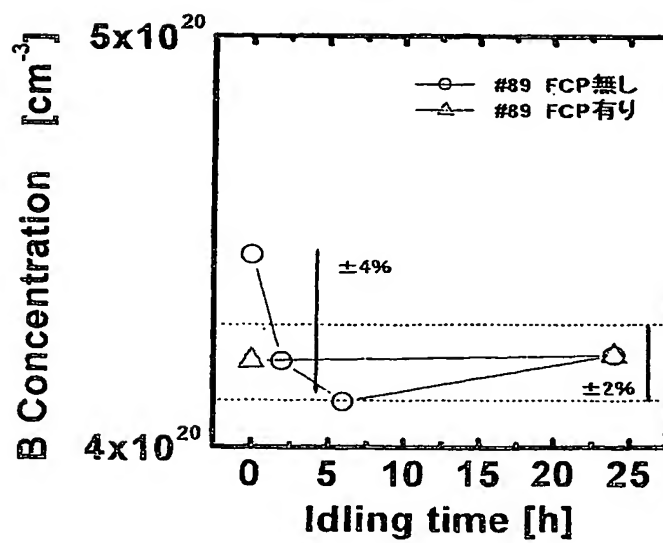
[図3]



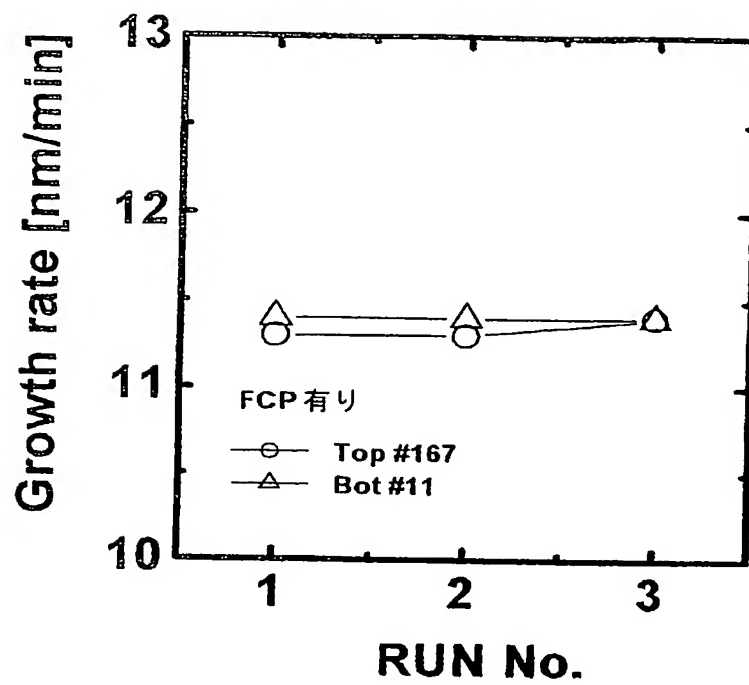
[図4]



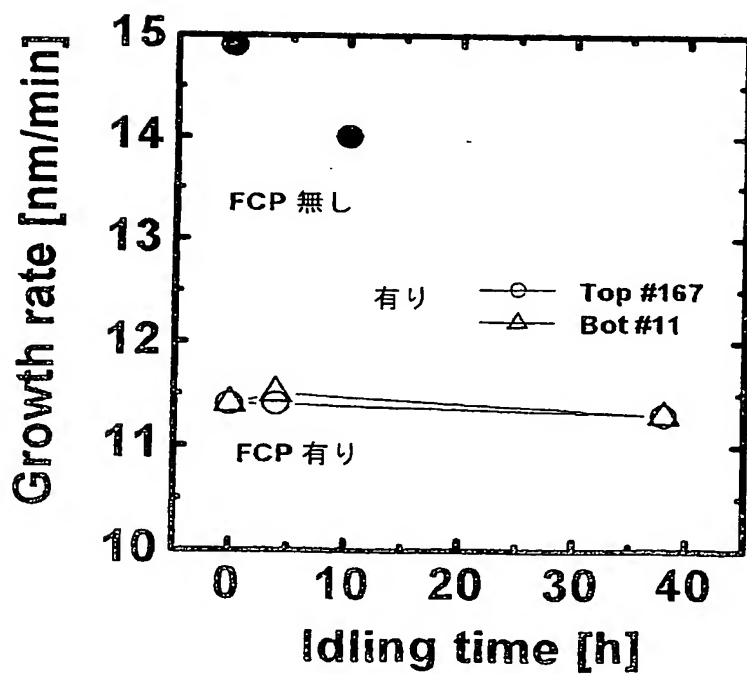
[図5]



[図6]



[図7]



[図8]

